

〔I〕以下の文章を読んで設問に答えなさい。

2009年はダーウィンの生誕200周年であり、①進化の考えが世に広まる端緒となった「種の起源」の出版150周年でもあった。「生物学は進化の光に照らしてみたとき初めて意味と一貫性をもつ」というドブジャンスキーの有名な言葉通り、現代生物学において様々な生命現象を理解する上で進化的視点は欠かせないものとなっている。近年では、医学においても、病気の様々な症状や原因遺伝子の存在理由を進化的な視点から考察する「進化医学」または「ダーウィン医学」と呼ばれる学問分野が生まれている。

ダーウィン医学では、風邪による「発熱」や「だるさ」、蚊に刺されたときの「かゆみ」、②怪我をしたときの「痛み」などの症状は、ヒトが進化の過程で生き残るために環境に適応して得た能力と考ええる。たとえば、風邪の原因となるウイルスは熱に弱いので、発熱はウイルス増殖を抑制する効果がある。 (A) がウイルスを捕食すると、ウイルスが感染したことを知らせるシグナルを最終的に脳に伝え、体温など身体の恒常性を維持する指令センターである (B) に働きかけて、設定体温を上昇させる。このプロセスを阻害するアスピリンなどの解熱剤によって設定体温の上昇は抑えられるが、ウイルスの増殖は抑えられないので、薬の服用を止めるとしばしば「風邪のぶり返し」が起こる。また、蚊に刺されるとかゆくなるのは、蚊によって媒介されるマラリア原虫のような病原体との生存競争の結果として、蚊に刺されないようにするための適応と考えられている。

一方、ある種の病気の遺伝子は、別の環境ではヒトが生きのびるために有益であったために進化の過程で維持されてきたと考えられる。たとえば、鎌状赤血球貧血症の原因遺伝子は、通常は生存に不利だが、マラリアに対する抵抗性をもつためマラリア流行地域には多くみられる。この遺伝病の原因は、ヘモグロビンのたった1個のアミノ酸が変化した異常ヘモグロビンが赤血球の中で不溶性の集合体を形成し酸素が運搬できなくなることにある。③異常ヘモグロビンの遺伝子 a をホモ接合 aa でもつと悪性の貧血になり、多くは成人前に死亡するため、a の遺伝子頻度は減少していくはずである。しかし、この貧血症にかかっているヒトの赤血球は、異常ヘモグロビンのせいでマラリア原虫が寄生しにくい。④異常ヘモグロビン遺伝子 a をヘテロ接合 Aa でもつヒトは、貧血は軽度だがマラリアに耐性をもつことから、マラリアの流行地域では AA よりも Aa の方が有利であり、その結果、鎌状赤血球貧血症の遺伝子が保持されてきたと考えられる。

また、別の例として、糖尿病は、飢餓状態に適応していたヒトという生物種が急に飽食の環境におかれた結果として生じた、文明化がもたらした病気と考えることができる。血液中のグルコースの量（血糖量）は以下のようなフィードバック制御により一定に保たれている。低血糖の血液が (B) に入ると交感神経や脳下垂体に指令が出て、多くの ⑤ホルモンが分泌され、最終的に (C) をグルコースに分解するプロセスを促進することで血糖量を上げる。一方、高血糖の場合、 (D) が血液中に分泌され、最終的にグルコースの消費を高めたり、細胞内に取り込んでグルコースから (C)

への合成を促すことで血糖量を下げる。ヒトの祖先が生きていく上で猛獣などの天敵や病原体に対抗するためには中枢神経系や免疫系を働かせる必要があったが、神経細胞や (A) はグルコースがないと生きていけないので低血糖は生命の危険に直結する。そこで低血糖に対処するために、必要に応じて (D) の分泌量が低下したり、正常に作用しなくなる (D) 抵抗性と呼ばれる機構が備えられており、この機構が誤って働くとグルコースが過剰となり糖尿病となる。

ダーウィン医学の第3の側面は、抗生物質や抗ウイルス剤、殺虫剤などに対する病原体や害虫の進化による耐性獲得に関するものである。例えば、1929年のフレミングによるペニシリンの発見以来、多くの抗生物質が開発され、細菌の感染症による死者は激減した。しかし、すぐに抗生物質に耐性をもつ細菌の変異株が出現するようになり、ヒトは常に新しい抗生物質を開発することを余儀なくされている。⑥ 耐性菌が進化するメカニズムを研究することは、新しい抗生物質の開発や、抗生物質の効果的な使用方法を知ること役立つ。

問1 文中の空欄 (A) ～ (D) にあてはまる語句を記入しなさい。

問2 下線部①について、以下の年表の空欄 1 ～ 8 にもっともよくあてはまる語句を下記の語群 (ア) ～ (チ) の中から1つずつ選び、記号で答えなさい。

年	事項
1809	(1) が「動物哲学」を出版し、(2) という概念を含む (3) 説を提唱。
1859	ダーウィンが「種の起源」を出版し、(4) という概念を含む (5) 説を提唱。
1968	(6) が分子進化における (7) の重要性を示した (8) 説を提唱。

[語群]

- | | | |
|-----------|-------------|------------|
| (ア) 遺伝的浮動 | (イ) 獲得形質の遺伝 | (ウ) 隔離 |
| (エ) 木村資生 | (オ) 自然選択 | (カ) 自然発生 |
| (キ) 中立 | (ク) 地理的隔離 | (ケ) 適応放散 |
| (コ) 適者生存 | (サ) 突然変異 | (シ) ド・フリース |
| (ス) パスツール | (セ) マラー | (ソ) 用不用 |
| (タ) ラマルク | (チ) ワイスマン | |

問3 下線部②について、身体の「痛み」はヒトという生物種が進化の過程で生き延びる上でどのような利点をもたらすと考えられるか、2行以内で説明しなさい。

問4 鎌状赤血球貧血症に関する以下の問いに答えなさい。

- (1) 下線部③について、ある世代の正常ヘモグロビン遺伝子Aの遺伝子頻度が5分の4、異常ヘモグロビン遺伝子aの遺伝子頻度が5分の1の集団があったとき、次の世代で遺伝子型aaが完全に除かれる場合、aの遺伝子頻度はどうなるか、その値を分数で答えなさい。ただし、この集団は十分大きく、任意交配をし、外部との出入りがなく、遺伝子型AAとAaの有利さは同じであるとする。
- (2) 下線部④について、遺伝子型aaが完全に除かれても、異常ヘモグロビン遺伝子aの遺伝子頻度が5分の1のまま保持されて遺伝的平衡に達するためには、遺伝子型AaがAAよりも何倍有利である（何倍の数の子孫を残す）必要があるか、分数で答えなさい。ただし、この集団は十分大きく、任意交配をし、外部との出入りはないものとする。

問5 下線部⑤について、以下の問い(1)～(3)に答えなさい。

- (1) ホルモンがそれぞれ特定の細胞に作用するのは、特定の細胞だけがそのホルモンと結合するタンパク質をもつためである。このようなタンパク質は一般に何と呼ばれるか、その語句を答えなさい。
- (2) ホルモンがつくられる器官は一般に何と呼ばれるか、その語句を答えなさい。
- (3) 以下の5つのホルモン（アドレナリン、グルカゴン、成長ホルモン、チロキシン、糖質コルチコイド）がつくられる器官の名称を以下の選択肢（ア）～（オ）の中からそれぞれ1つずつ選び、記号で答えなさい。

（ア）甲状腺 （イ）すい臓 （ウ）脳下垂体前葉 （エ）副腎髄質 （オ）副腎皮質

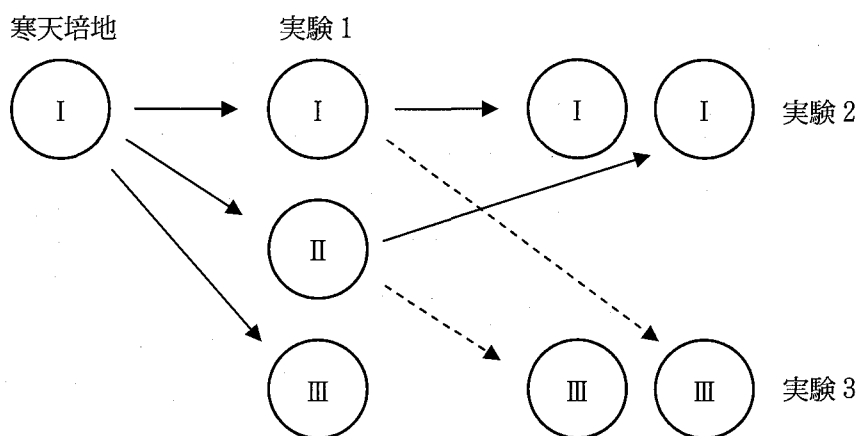
問6 下線部⑥について、以下の問い(1)～(3)に答えなさい。

さまざまな濃度の抗生物質 X を含む寒天培地の上で、細菌のコロニーを形成させる実験 1～3 をおこなったところ、次のような結果が得られた。

〔実験 1〕 あらかじめ抗生物質 X を含まない培地 I で、1 個のコロニーから数世代に渡って培養を繰り返して、変異が蓄積した細菌の集団を用意した。この集団を次の 3 種類の寒天培地 I～III の上で、他は全く同じ条件で生育させたところ、抗生物質 X を含まない培地 I では沢山のコロニーが形成され、濃度 1 mg/L の抗生物質 X を含む培地 II ではわずかな数のコロニーが形成され、濃度 10 mg/L の抗生物質 X を含む培地 III では全くコロニーが形成されなかった。

〔実験 2〕 実験 1 で、抗生物質 X を含まない培地 I で形成されたコロニーの細菌 A と、濃度 1 mg/L の抗生物質 X を含む培地 II で形成されたコロニーの細菌 B を、それぞれ全く同じ条件で、抗生物質 X を含まない培地 I で再び生育させたところ、細菌 A のほうが細菌 B よりもコロニーの形成速度が速かった。

〔実験 3〕 実験 1 で、抗生物質 X を含まない培地 I で形成されたコロニーの細菌 A を培地 I で数世代に渡って培養し、変異が蓄積した細菌の集団 A' を用意した。同様に、実験 1 で、濃度 1 mg/L の抗生物質 X を含む培地 II で形成されたコロニーの細菌 B を培地 II で数世代に渡って培養し、変異が蓄積した細菌の集団 B' を用意した。これらの細菌を同じ条件で、濃度 10 mg/L の抗生物質 X を含む培地 III で生育させたところ、細菌 A' の子孫は全くコロニーを形成せず、細菌 B' の子孫はわずかな数のコロニーを形成した。



- (1) 実験2の結果から推察できることとして、もっとも適当と考えられるものを、以下の選択肢(ア)～(エ)の中から1つ選び記号で答えなさい。

- (ア) 抗生物質がない培地で細菌を増やし続けると、細菌の生育が速くなる。
- (イ) 抗生物質を含む培地で細菌を増やし続けると、細菌の生育は遅くなる。
- (ウ) 耐性獲得の原因となる細菌遺伝子の変異は、細菌の本来の生育に必要な機能を阻害する。
- (エ) 細菌のコロニー形成速度は、抗生物質を含む培地よりも含まない培地のほうが速い。

- (2) 実験1～3の結果から推察できることとして、もっとも適当と考えられるものを、以下の選択肢(ア)～(エ)の中から1つ選び記号で答えなさい。

- (ア) 感染症の予防のために日常的に抗生物質を用いるべきである。
- (イ) 抗生物質は感染症の症状が出たときにだけ集中的に用いるべきである。
- (ウ) ある抗生物質が効かないときは、その抗生物質の量を増やすべきである。
- (エ) ある抗生物質が効かないときは、他の抗生物質を用いるべきである。

- (3) 一般に、細菌が抗生物質に耐性をもつ原因となる変異遺伝子が、異種の細菌に簡単に伝わっていく原因の1つとなっている、小さな環状のDNAは何と呼ばれるか、その語句を答えなさい。

〔Ⅱ〕以下の文章を読んで設問に答えなさい。

生物のうち、それぞれの染色体が1コピーであることを一倍体、2コピーであることを二倍体という。複雑な多細胞生物は一般に二倍体であり、簡単な単細胞生物は一倍体であることが多い。酵母は一倍体としてでも二倍体としてでも増殖する。

ヒトにおいては個々の体細胞は二倍体であり、母親および父親由来からそれぞれ1組ずつの染色体を受け継ぎ、2組からなる合計〔あ〕本の染色体で構成されている。体細胞と異なり配偶子は一倍体であり、1組の染色体が含まれている。1組の染色体は〔い〕本の常染色体と〔う〕本の性染色体からなっている。

ヒトの生活環は一倍体の精子と一倍体の卵子の融合からはじまる。こうして生じた受精卵は二倍体であり、受精卵から成人に成長する間に^①全身ほとんどすべての細胞は体細胞分裂によって生じる。

ヒトの染色体は一本の長いDNA分子と^②それに結合するタンパク質から構成されている。ヒトの1個の体細胞に含まれるDNAの全長はおよそ〔え〕メートルであり、そのDNA上にはアミノ酸配列をプログラムしているおよそ〔お〕個の遺伝子が乗っているが、ヒトのDNA中には転写されない部分や、^③転写はされるがスプライシングによって取り除かれてタンパク質に翻訳されない部分もある。

ある生物が生まれつき持っているDNA全体、すなわちある生物の持つ遺伝情報全体をゲノムといい、ヒトゲノムプロジェクトによって約〔か〕塩基対からなるヒトゲノムの全塩基配列が解明された。

^④ヒトでは各人のゲノムを比較すると、平均約〔き〕塩基に1個の割合で塩基に違いが見られる。この塩基の違いはすぐには表現型には結びつかないが個人を特定する上で有用である場合が多い。

問1 文中の空欄〔あ〕～〔き〕にもっともよくあてはまる数字を以下の選択肢(a)～(g)の中から1つずつ選び、記号で答えなさい。

- (a) 1 (b) 2 (c) 22 (d) 46 (e) 1,000 (f) 25,000 (g) 30億

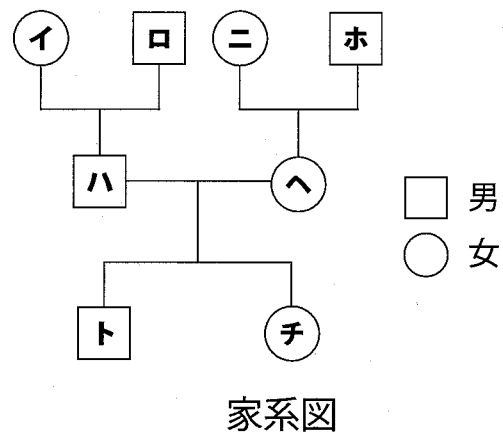
問2 下線部①について、配偶子は体細胞分裂では生じない。配偶子は何という分裂機構で生じるか、その名称を答えなさい。また、もしその分裂機構が存在しなかったら、どのような不都合が生じると考えられるか、2行以内で説明しなさい。

問3 下線部②のタンパク質の名称を答えなさい。

問4 下線部③の部分は何と呼ばれるか、その語句を答えなさい。

問5 下線部④について、ある特定の遺伝子上の塩基の違いから遺伝子型を便宜的に遺伝子型a～遺伝子型hと名付けた。このとき、ある個人は父親由来と母親由来の遺伝子を受け継ぐので例えば遺伝子型aと遺伝子型fを受け継いだ個人#1は(a, f)と表すとする。下表の#1～#8の遺伝子型を持つ個人は下記に示す家系図のイ～チのいずれかに相当する。イが#5であるとき、ロ～チに相当する個人の番号を答えなさい。ただし、イ、ロ、ニ、ホはお互いに血縁関係がなく、この遺伝子領域で新たな変異や交叉は生じていないものとする。

個人	性別	遺伝子型
#1	女	a, f
#2	男	d, h
#3	男	a, d
#4	女	c, f
#5	女	d, g
#6	女	d, f
#7	男	b, h
#8	男	a, e



問6 以下の実験について、下の問い(1)および(2)に答えなさい。

ある出芽酵母は培地中に物質 X を添加するとタンパク質 G を合成する。その機構は以下の通りである。

タンパク質 A は通常は酵母の細胞内に存在していないが、培地に物質 X を添加すると、調節遺伝子 Y の働きによってタンパク質 A が合成される。合成されたタンパク質 A はタンパク質 B と結合することでタンパク質 B を活性化し、タンパク質 C を分解する。タンパク質 C は通常は調節タンパク質 D に結合しており、そのことでタンパク質 D の機能を抑制している。しかし、活性化されたタンパク質 B によってタンパク質 C が分解されることで、タンパク質 D に対する抑制が解除されてタンパク質 G をつくる遺伝子（遺伝子 G）が転写される。また、タンパク質 E はタンパク質 A とタンパク質 B の結合を阻害する。

タンパク質 A から E をコードする 5 つの遺伝子について、それぞれの遺伝子を不活性化した変異株、および、2 種類の遺伝子を同時に不活性化した変異株（二重変異株）を作製し、物質 X を培地に添加しない場合と添加した場合のタンパク質 G の合成の有無について調べたところ、下表のような結果が得られた。ここで、+ は合成あり、－ は合成なしを意味する。

変 異	添加物質	
	な し	物質X
な し	－	＋
遺伝子 1	＋	＋
遺伝子 2	－	－
遺伝子 3	－	＋
遺伝子 4	－	－
遺伝子 5	－	－
遺伝子 1 + 2	－	－
遺伝子 1 + 3	＋	＋

変 異	添加物質	
	な し	物質X
遺伝子 1 + 4	＋	＋
遺伝子 1 + 5	＋	＋
遺伝子 2 + 3	－	－
遺伝子 2 + 4	－	－
遺伝子 2 + 5	－	－
遺伝子 3 + 4	－	－
遺伝子 3 + 5	－	－
遺伝子 4 + 5	－	－

- (1) 遺伝子 1～3 はそれぞれタンパク質 A から E のうち、どのタンパク質をコードすると考えられるか、A～E の記号で答えなさい。
- (2) 酵母を用いてこのような実験をするとき、二倍体株よりも一倍体株を用いる方が変異株の単離や解析が容易である。その理由を説明しなさい。

〔Ⅲ〕以下の文章を読んで設問に答えなさい。

これまでに知られている中で最も古い多細胞生物の化石は約12億年前に生存していた藻類のものである。その後、約 (A) 年前までの比較的短い間に動物門のほとんどすべてが出現したと考えられ、この時代に動物の多様性が一気に増大した可能性がある。これは (B) 期の大爆発と呼ばれている。海綿動物と刺胞動物はこの時期に先立って原生代後期ごろに出現したことが化石記録から支持される。

1874年、(C) は生物の進化を考えるにあたり、海綿動物以外の後生動物はすべてクラゲのような刺胞動物を経て、進化したという仮説をたてた。この根拠になっているものが「ア」は「イ」を繰り返す」という有名な仮説である。つまり、(C) は、二胚葉性の刺胞動物の体制を、三胚葉性の動物の初期発生における「ウ」の段階でとどまっている原始的な体制とみなし、二胚葉性の生物から中胚葉をもつ三胚葉性の生物が進化してきたと考えた。

三胚葉性の生物の発生過程をみると、まず内胚葉と外胚葉が分化し、その後、^①内胚葉と外胚葉との相互作用によって中胚葉の分化が起こる。このことを1960年に (D) は次のような実験で示した。まず、メキシコサンショウウオの胞胚の予定外胚葉と予定内胚葉を切り出し、別々に培養したところ、それぞれ外胚葉、内胚葉の組織に分化した。一方、予定外胚葉と予定内胚葉を接触させておくと、外胚葉から中胚葉が生じることを発見した。

三胚葉の領域はさらに多様な組織・器官に分化することができる。1923年に (E) が考案した局所生体染色法を用いると、^②発生に伴って胚のどの部分が将来どのような組織や器官に分化するかを追跡することができる。多くの三胚葉性の生物におけるこのような発生様式や形態の知見を蓄積し、その違いに注目すると、^③三胚葉性の生物は旧口動物と新口動物の2つに分けることができる。

問1 文中の空欄 (A) ～ (E) にもっともよくあてはまる語句を下記の語群 (ア) ～ (ス) の中から1つずつ選び、記号で答えなさい。

〔語群〕

- | | | |
|-------------|-----------|------------|
| (ア) 10億5千万 | (イ) 7億5千万 | (ウ) 5億5千万 |
| (エ) ヘッケル | (オ) バージェス | (カ) ジュラ |
| (キ) ドリーシュ | (ク) デボン | (ケ) エディアカラ |
| (コ) シューパーマン | (サ) フォークト | (シ) カンブリア |
| (ス) ニューコープ | | |

問2 文中の空欄 ア と イ にあてはまる語句を記入しなさい。

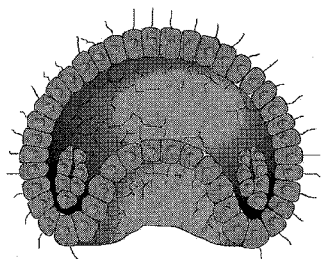
問3 文中の空欄 ウ にもっともよくあてはまる語句を以下の語群 (A) ～ (D) の中から1つ選び、記号で答えなさい。また、その形に最もふさわしいと考えられる図を下図 (あ) ～ (え) の中から1つ選び記号で答えなさい。なお、図 (あ) ～ (う) は断面図である。

〔語群〕

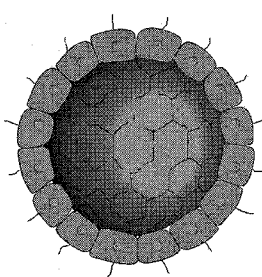
- (A) 原腸胚 (B) 胞胚 (C) 桑実胚 (D) 神経胚

〔図〕

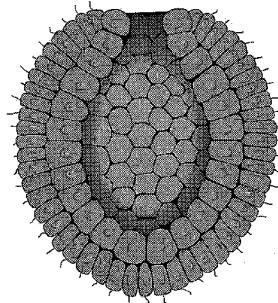
(あ)



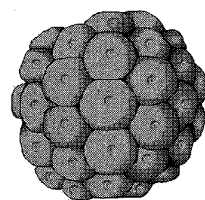
(い)



(う)



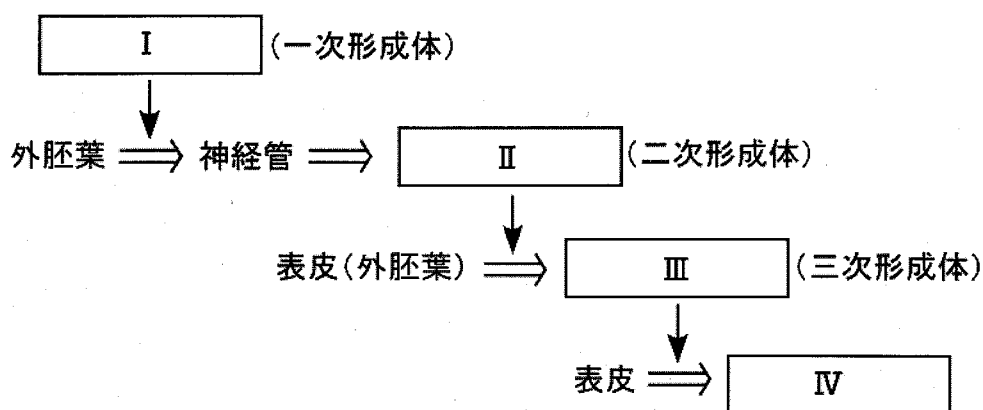
(え)



問4 下線部①について、以下の問い(1)～(3)に答えなさい。

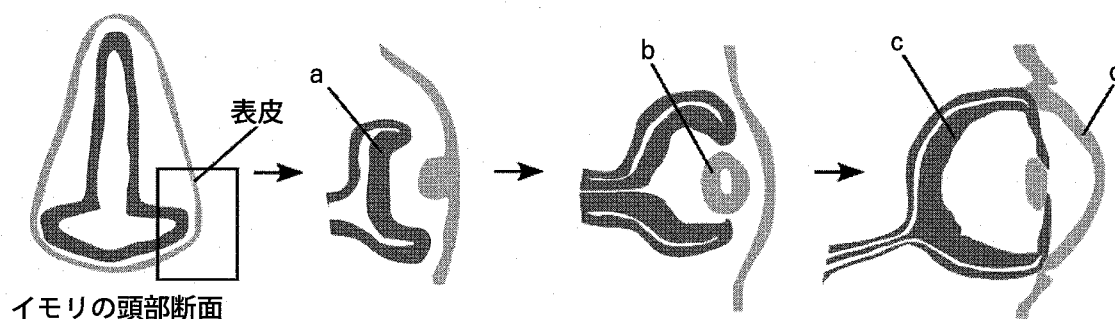
(1) このような現象は一般に何と呼ばれるか、その語句を漢字2文字で答えなさい。

(2) このような現象が連鎖していくことによりイモリの眼は形成されていく。下図の空欄
I ～ IV にあてはまる語句を以下の選択肢(ア)～(オ)の中から1つずつ選び、
 記号で答えなさい。



(ア) 角膜 (イ) 水晶体 (ウ) 眼杯 (エ) 網膜 (オ) 原口背唇部

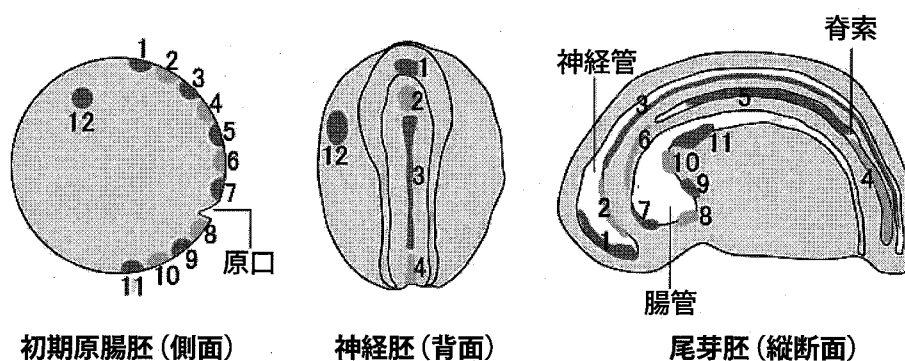
(3) イモリ眼の形成過程を図示すると以下ようになる。図中のa～dの名称を以下の選択肢
 (ア)～(オ)の中から選び、記号で答えなさい。



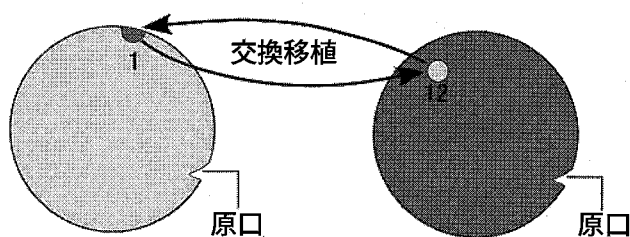
(ア) 角膜 (イ) 水晶体 (ウ) 眼杯 (エ) 網膜 (オ) 原口背唇部

問5 下線部②について、以下の問い(1)～(3)に答えなさい。

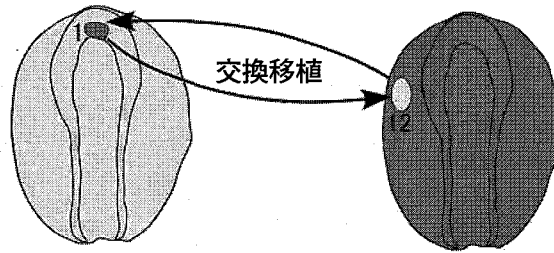
- (1) この結果を基に、胚の各領域が将来どの組織に分化するかをわかるように示した図は一般に何と呼ばれるか、その語句を答えなさい。
- (2) イモリの胚を使った局所生体染色により染色した部分とその後の移動を示した図が以下である。図中の1と12はそれぞれ神経と表皮に分化した。この図を参考に以下の問い(A)と(B)に答えなさい。



- (A) 2種類のイモリの初期原腸胚を用いて、初期原腸胚の1と12に相当する領域をそれぞれ切り取り、交換移植実験を行うと、新しい場所に移植された元の移植片1と12は、それぞれ何の組織に分化するか、答えなさい。



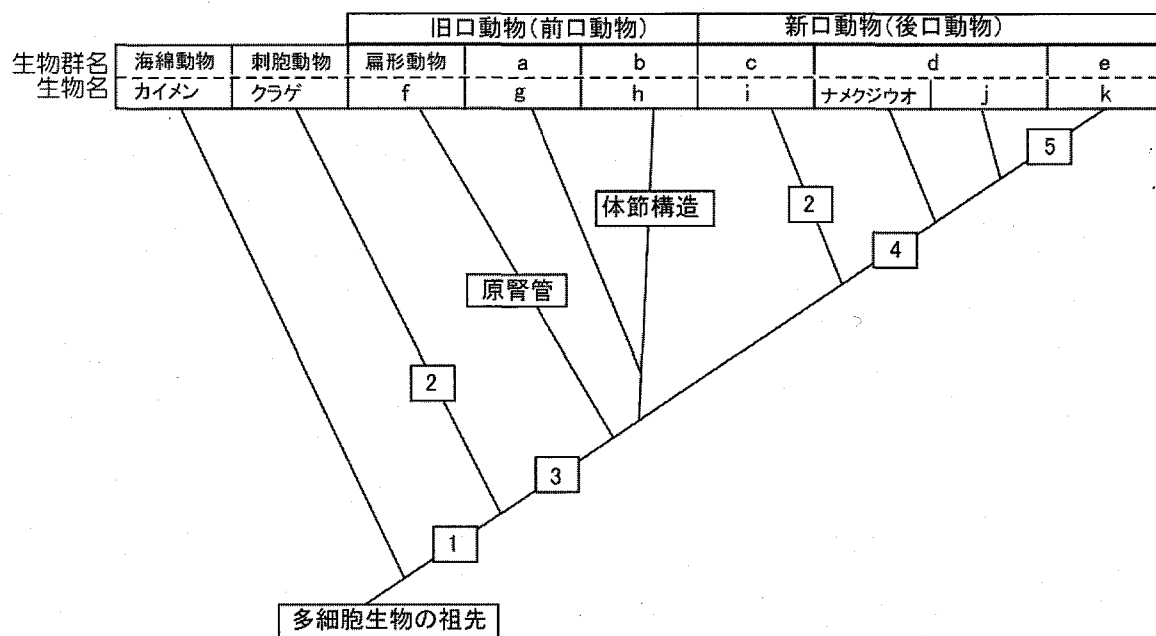
- (B) 2種類のイモリの神経胚を用いて、神経胚の1と2に相当する領域をそれぞれ切り取り、交換移植実験を行うと、新しい場所に移植された元の移植片1と2は、それぞれ何の組織に分化するか、答えなさい。



- (3) 中胚葉から分化する組織・器官の名称を3つ答えなさい。

問6 下線部③について、旧口動物と新口動物の発生様式の違いを2行以内で説明しなさい。

問7 下図は形態および発生様式の比較に基づく系統関係をあらわした模式図である。この模式図を完成させるために、図中のa～eにもっともよくあてはまる生物群名を下記の選択肢（あ）～（お）の中から1つずつ選び、記号で答えなさい。また、図中のf～kにもっともよくあてはまる生物名を下記の選択肢（イ）～（へ）の中から1つずつ選び、記号で答えなさい。さらに、図中 1 ～ 5 の時期に獲得したと考えられる特徴として、もっともよくあてはまるものを下記の特徴（A）～（E）の中から1つずつ選び、記号で答えなさい。



[生物群名]

- (あ) 棘皮動物 (い) 原索動物 (う) 脊椎動物
(え) 節足動物 (お) 軟体動物

[生物名]

- (イ) ウニ (ロ) タコ (ハ) ハエ
(ニ) ヒト (ホ) プラナリア (ヘ) ホヤ

[特徴]

- (A) 顎 (B) 左右相称体制 (C) 脊索
(D) 胚葉の分化 (E) 放射相称体制